

Efecto de la congelación sobre la calidad de ananá osmo-deshidratado

Effect of freezing on the quality of osmo-dehydrated pineapple

Ramallo LA¹, Mascheroni RH²

1. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales - Universidad Nacional de Misiones
Félix de Azara 1552 - (3300) Posadas, Misiones - Argentina

E-mail: lrarn@fceqyn.unam.edu.ar

2. CIDCA (CONICET La Plata y Universidad Nacional de La Plata) y MODIAL (FI - U.N.L.P.)
47 y 116 – (1900) La Plata - Argentina

RESUMEN

El proceso de osmo-dehidrocongelación de frutas involucra una etapa de deshidratación osmótica seguida del proceso de congelación. Este pre-tratamiento disminuye el contenido de agua al mismo tiempo que incrementa el contenido de solutos crioprotectores en el tejido vegetal. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la deshidratación osmótica aplicada previamente al proceso de congelación sobre la calidad final de rodajas de ananá. La pérdida de calidad se cuantificó en términos del volumen del líquido exudado y de la firmeza del tejido. Por otra parte se analizó el efecto de un proceso de congelación lento (la condición más desfavorable) sobre el contenido de ácido ascórbico (AA).

En base a los resultados obtenidos en estudios previos, se seleccionó la condición de deshidratación a presión atmosférica, en solución de sacarosa de 60 °Brix y 40 °C, con diferentes tiempos de inmersión. La congelación se efectuó en un túnel convencional con circulación de aire a -30 ± 2 °C y el producto se descongeló a temperatura constante de 20 °C durante 2 h. Las propiedades mecánicas de la fruta fresca y deshidratada, con y sin el posterior proceso de congelación, se evaluaron a través de ensayos de compresión uniaxial (TA-XT2i Texture Analyser). El contenido de ácido ascórbico se cuantificó por cromatografía líquida (HPLC). Se registraron pérdidas por exudado más altas, 30 % aproximadamente, en muestras de ananá con una hora de deshidratación osmótica respecto de aquellas muestras no tratadas. Con el aumento del tiempo de inmersión en sacarosa disminuyen las pérdidas por exudado, aunque se requirieron períodos de deshidratación osmótica mayores que 240 minutos para obtener resultados positivos del efecto crioprotector del azúcar. El proceso de congelación-descongelación afecta los valores de las propiedades mecánicas (deformación a la fractura (ϵ_{HF}), tensión de falla (σ_{HF}) y módulo de elasticidad (E)) como así también la forma de las curvas resultantes. Aún cuando el proceso de deshidratación osmótica de ananá origina una estructura celular igual o más resistente que la fruta fresca, el posterior proceso de congelación-descongelación de estas muestras causa pérdida de firmeza y una marcada disminución de la resistencia a la ruptura. Se observó disminución en el contenido ácido ascórbico después del proceso de congelación-descongelación de la fruta fresca. En cambio, en las muestras de ananá parcialmente deshidratadas, los valores de contenido de ácido ascórbico se mantuvieron sin cambios después del proceso de congelación-descongelación. En 120 minutos de deshidratación osmótica a 40 °C la reducción de la humedad fue de aproximadamente el 70-75% y la reducción de contenido de ácido ascórbico fue aproximadamente 13-18%.

ABSTRACT

The osmodehydrofreezing process of fruits involves one step of osmotic dehydration prior to freezing process. This pre-processing diminishes water content at the same time as cryoprotective solutes content in the vegetable tissue is increased. The objective of the present study was to evaluate the effect of osmotic dehydration applied previous to the freezing process on the end quality of pineapple slices. Quality loss was quantified through drip loss and texture changes of tissue. In addition, the effect of a slow freezing process (most unfavorable condition) on ascorbic acid content was analyzed. On the basis of results obtained in previous studies, the condition of dehydration at atmospheric pressure, in sucrose solution of 60 °Brix and 40 °C, by different immersion periods was selected. Freezing was carried out in a conventional air-blast tunnel at -30 ± 2 °C and the product was thawed at

constant temperature of 20°C for 2h. Mechanical properties of fresh and dehydrated fruit, with and without the later process of freezing, were evaluated through compression tests (TA-XT2i Texture Analyser). Ascorbic acid content was quantified by liquid chromatography (HPLC). The higher drip loss, 30% approximately higher than for untreated samples, was registered in pineapple with one hour of osmotic dehydration. The drip loss decrease with the increase of the immersion time in sucrose syrup, although periods of osmotic dehydration larger than 240 minutes were required to obtain positive results of the cryoprotective effect of sugar uptake. The freezing-thawing process affects the values of mechanical properties (failure strain (ϵ_{HF})), failure stress (σ_{HF}) and modulus of elasticity (E)) as well as the shape of the curves. Even though the osmotic dehydration process of pineapple induces a cellular structure equal to or more resistant than that of fresh fruit, the following freezing-thawing process of these samples induces a decrease of firmness and a noticeable reduction of resistance to rupture. After the freezing-thawing process of fresh fruit, a reduction in the ascorbic acid content was observed. However, in partially dehydrated samples of pineapple, values of ascorbic acid content remained with no changes after the freezing-thawing process. In pineapple dehydrated during 120 minutes at 40 °C, the moisture reduction was approximately 70-75% and the ascorbic acid content reduction was approximately 13-18%.

PALABRAS CLAVE: *ananá, deshidratación osmótica, congelación.*

KEYWORDS: *pineapple, osmotic dehydration, freezing.*

INTRODUCCIÓN

El proceso de osmo-dehidrocongelación consiste en someter a los materiales (generalmente frutas o vegetales) a una etapa de deshidratación osmótica previo a su congelación. Este pre-tratamiento, además de la ventaja de la remoción de agua y consecuente reducción en la formación de hielo, incrementa el contenido de solutos crioprotectores por impregnación (Tregunno y Goff 1996, Dermesonlouoglou et al. 2007). Han sido publicados estudios que demuestran los efectos beneficiosos de la deshidratación osmótica como pre-tratamiento al congelado de frutas disminuyendo el pardeamiento (Forni et al. 1997, Marani et al. 2007), el colapso estructural (Talens et al. 2002b) y el exudado durante la descongelación (Marani et al. 2007). Un beneficio adicional está relacionado al consumo energético durante la etapa de congelación, puesto que la energía requerida para la congelación de un alimento parcialmente deshidratado es menor que la requerida para congelar el vegetal fresco, ya que es inferior la cantidad de agua en el producto (Marani et al. 2007).

Los resultados publicados por Dermesonlouoglou et al. (2007) indican que el proceso de osmo-dehidrocongelado mejora la calidad de tomates durante un período de almacenamiento prolongado, en comparación al producto obtenido con el proceso de congelado tradicional. La retención de vitamina C en las muestras de tomate pre-deshidratadas con glucosa y almacenadas a -20 °C durante 12 meses fue notablemente mayor que en las muestras congeladas sin tratamiento previo. Resultados similares en lo que respecta a la mayor retención de ácido ascórbico en damascos pre-deshidratados y congelados en comparación con damascos congelados de modo tradicional fueron hallados por Forni et al. (1997).

Se ha estudiado la osmo-dehidrocongelación de varios vegetales: damasco (Forni et al. 1997); manzana (Tregunno y Goff, 1996; Marani et al. 2007); kiwi (Forni et al. 1990; Robbers et al. 1997; Talens et al. 2002b, Chiralt et al. 2001, Marani et al. 2007); melón (Maestrelli et al. 2001); haba (Biswal et al. 1991); frutilla (Chiralt et al. 2001, Talens et al. 2002a, Marani et al. 2007); mango (Nunes et al. 1996, Chiralt et al. 2001), pera (Marani et al. 2007), entre otros. Sin embargo, no se tiene registros de estudios de osmo-dehidrocongelación de ananá.

En el presente trabajo se estudió la variación de algunas características físicas, como la pérdida de líquido por exudado, las propiedades mecánicas y calidad nutricional, en base al contenido de ácido ascórbico, en ananá como consecuencia de aplicación del proceso de osmo-dehidrocongelación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación de la muestra

Se trabajó con frutas de *Ananas Comosus* variedad *Cayena Lisa* en grado de madurez comercial y textura aún firme, obtenida en locales comerciales. Las frutas fueron lavadas con abundante agua,

peladas manualmente y cortadas en medias rodajas de $0,60 \pm 0,05$ cm de espesor y $11,5 \pm 0,5$ cm de diámetro; con un sacabocados se les retiró el centro.

Debido a que existe variación en el contenido de algunos nutrientes entre la base y la parte superior de la fruta (Miller y Hall, 1953), se descartaron los extremos utilizándose la parte media del ananá con el objetivo de disminuir la variabilidad natural del tejido.

Deshidratación osmótica

La deshidratación osmótica (DO) se realizó con solución hipertónica de sacarosa de 60° Brix a 40 °C. El volumen de la solución fue suficiente para garantizar constancia en la concentración de azúcar durante todo el proceso (relación masa jarabe/masa de fruta mayor que 10/1). Para cada ensayo se preparó solución fresca de sacarosa.

El equipamiento utilizado para los tratamientos de DO fue un agitador, con frecuencia de 75 oscilaciones horizontales por minuto y amplitud de 1 cm, con soporte para 6 frascos erlenmeyer. En cada erlenmeyer conteniendo 500 mL de solución de sacarosa a 40 °C se colocaron cinco muestras de ananá; los frascos se transfirieron en forma inmediata al agitador preacondicionado a 40 °C. A cada tiempo (30, 60, 120, 180 y 240 minutos) se retiró un erlenmeyer, se enjuagó cada muestra con agua desmineralizada a 8 °C durante 3-5 segundos con el propósito de quitar el jarabe adherido a la superficie y el exceso de agua superficial proveniente de esta última etapa se eliminó con papel tissue. Se registró el peso de cada muestra.

Posteriormente, una parte de estas frutas procesadas se fraccionó para evaluar propiedades mecánicas y humedad, y otra parte se destinó a la congelación. Para evaluar la retención de ácido ascórbico, se realizaron ensayos de deshidratación osmótica a 40 y 45 °C.

Tratamiento de congelación-descongelación

Las muestras, ananá fresco y parcialmente deshidratado, fueron almacenadas durante 12 horas a 4 °C en recipientes plásticos cerrados, previamente al proceso de congelado. Posteriormente estas muestras, colocadas sobre bandejas de acero inoxidable perforadas, fueron congeladas en cámaras con circulación de aire a -30 ± 2 °C. Al cabo de una hora se retiraron de la cámara de congelación y el descongelado se realizó a temperatura constante de 20 °C durante 2 h.

Evaluación de las propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas de la fruta fresca, deshidratada y congelada-descongelada se evaluaron a través de ensayos de compresión uniaxial utilizándose a tal fin un Texturómetro Universal (TA-XT2i Texture Analyser) con un plato de acrílico de 60 mm. Las muestras de ananá se cortaron con sacabocados en discos de 25 mm de diámetro. La velocidad de compresión aplicada fue de 0,5 mm/s hasta el 50% de deformación de la altura original de la muestra. Estos ensayos se realizaron sobre cinco muestras, a cada tiempo de procesamiento, tomándose la media de estas cinco determinaciones.

Durante los ensayos, se registraron los datos de fuerza $F(t)$ (N) y altura $H(t)$ (m). Estos datos fueron posteriormente convertidos a los parámetros de Hencky: tensión (σ_H) y deformación (ε_H), suponiendo volumen constante durante la compresión (Chiralt et al. 2001, Rodrigues et al. 2003), de acuerdo a las Ecuaciones 1 y 2.

$$\sigma_H = \frac{F(t)H(t)}{H_0 A_0} \quad (1)$$

$$\varepsilon_H = -\ln\left(\frac{H(t)}{H_0}\right) \quad (2)$$

donde A_0 es el área inicial (m^2) y H_0 es la altura inicial (m) de la muestra.

El módulo elástico o módulo de compresión (E), considerado como una medida de la resistencia elástica del sistema, fue calculado como la pendiente inicial de la curva σ_H - ε_H , mientras la deformación ε_H no supere el 6% (Mao et al. 2000; Renkema et al. 2001; Ribeiro et al. 2003):

$$E = \left(\frac{d\sigma}{d\varepsilon}\right)_{\varepsilon \rightarrow 0} \quad (3)$$

Medidas de exudado

Las muestras congeladas se colocaron sobre papel absorbente y se dejaron descongelar a temperatura constante de 20 °C durante 2 h. Todo el sistema se cubrió con papel de aluminio para minimizar las pérdidas por evaporación. Se registró el peso inicial de cada muestra (M_i), el peso del papel seco (w_0) y el peso del papel con el líquido de exudado (w_i).

Los resultados se expresaron en gramos de agua perdida por exudado por gramo de fruta:

$$DL = \frac{w_i - w_0}{M_i} \quad (4)$$

Determinación del contenido de agua

El contenido de agua se cuantificó mediante la pérdida de peso por desecación en estufa de a 70 °C hasta pesada constante (aproximadamente 48 horas).

Cuantificación de ácido ascórbico

Proceso de Extracción. Cada muestra fue pesada (entre 5 y 8 g) y triturada en un mortero de porcelana durante 5 minutos, con la adición, en forma gradual, de 50 mL de solución buffer (fosfato de potasio 0,02M, pH=2,5 ajustado con ácido fosfórico). Esta mezcla se transfirió a un vaso de vidrio oscuro, se sometió a ultrasonido por 10 minutos, se filtró y, de inmediato, se inyectó al cromatógrafo.

Cuantificación del ácido L-ascórbico. Se llevó a cabo mediante cromatografía líquida (HPLC), con columna Alltima C-18 (250 mm x 4,6 mm, 5 µm de tamaño de partícula) y detector UV ($\lambda = 254$ nm). Se utilizó una fase móvil formada por buffer (fosfato de potasio 0,02M, pH=2,5 ajustado con ácido fosfórico): acetonitrilo (98:2 v/v) a una velocidad de flujo de 1,0 mL/min. La identificación y cuantificación se realizó por comparación del tiempo de retención y magnitud del área del pico con un estándar de referencia, respectivamente. Las muestras estándar de ácido L-ascórbico se prepararon diluyendo 100 mg de ácido L-ascórbico (A-0278, SIGMA) en 100 mL de buffer; posteriormente esta solución se diluyó 1/10, 1/50 y 1/100. Se tomó como referencia el área obtenida con la inyección de 10 µL de estándar concentración 0,02 mg/mL (técnica de patrón externo); se cuantificó el área de referencia al iniciar y al finalizar cada sesión de cromatografía.

Los análisis en todos los casos se realizaron por duplicado y los resultados que se exponen son los valores medios.

Análisis estadístico

Los parámetros estadísticos aplicados en la evaluación y análisis de los resultados, son los siguientes:

$$\text{Desvío estándar: } ds = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (5)$$

Donde: n= número de muestras o de datos; x_i = valor o dato; \bar{x} = valor medio o media aritmética de los datos.

$$\text{Media aritmética: } \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (6)$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cambio en las propiedades mecánicas

Son numerosos los factores que afectan las propiedades mecánicas del tejido celular, entre ellas figuran el contenido de agua, la resistencia de la pared celular y la forma en que están ensambladas las células (Chiralt et al. 2001). Dependiendo de las propiedades físicas de las muestras, se han descrito dos modos de falla a la compresión: ruptura celular y desligamiento de las células (Chiralt et al. 2001). La congelación, debido a la formación de hielo, produce cambios en el tejido celular que pueden

afectar el mecanismo de falla predominante durante la compresión. Este efecto puede manifestarse a través del comportamiento mecánico del sistema.

En la **Figura 1** se presentan curvas de compresión uniaxial características de medias rodajas de ananá sometidas a diferentes tiempos de deshidratación osmótica en solución de sacarosa de 60 °Brix y 40 °C. El módulo de compresión, la tensión y la deformación a la ruptura son propiedades mecánicas que suelen estar asociadas a la firmeza, dureza y elasticidad, respectivamente (Torres et al. 2006). Se observa que la deshidratación osmótica genera un incremento en la deformación a la fractura (ϵ_{HF}) y en los valores de la tensión de falla (σ_{HF}), indicando un aumento en la “dureza” de la fruta por efecto de la deshidratación. De la misma manera, se registró una disminución en los valores de la pendiente inicial de la curva o módulo de compresión (E), que puede explicarse por la pérdida de turgencia del tejido vegetal. Estas modificaciones en el comportamiento mecánico indicarían que el tratamiento de DO no genera un desligamiento celular como mecanismo de falla dominante.

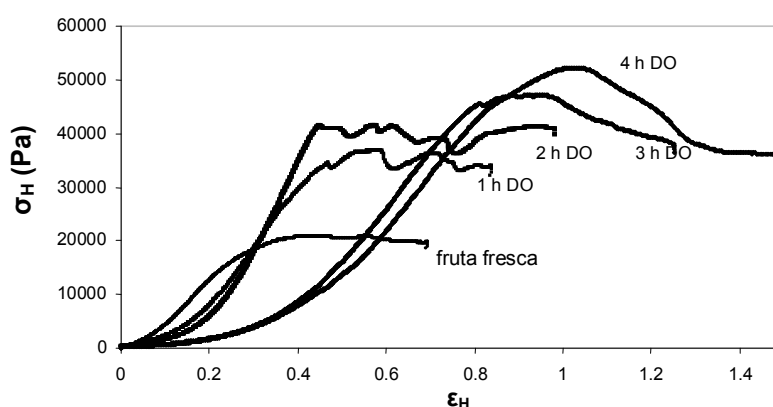


Figura 1. Curvas de compresión uniaxial de ananá con diferentes tiempos de deshidratación osmótica a 60 °Brix y 40 °C.

En la **Figura 2** se aprecia el efecto del proceso de congelación-descongelación sobre la respuesta mecánica del ananá fresco y deshidratado. El proceso de congelación-descongelación provoca una marcada disminución en los valores de resistencia a la tensión y se desdibujan los puntos de falla en la fruta con mayor contenido de agua (menos tiempo de deshidratación), por lo cual se podría suponer que el desligamiento celular es el modo de falla preponderante en ananá deshidratado-congelado-descongelado. La comparación de las **Figuras 1** y **2** indica claramente que la congelación-descongelación produce una disminución de la resistencia a la ruptura de la fruta de ananá.

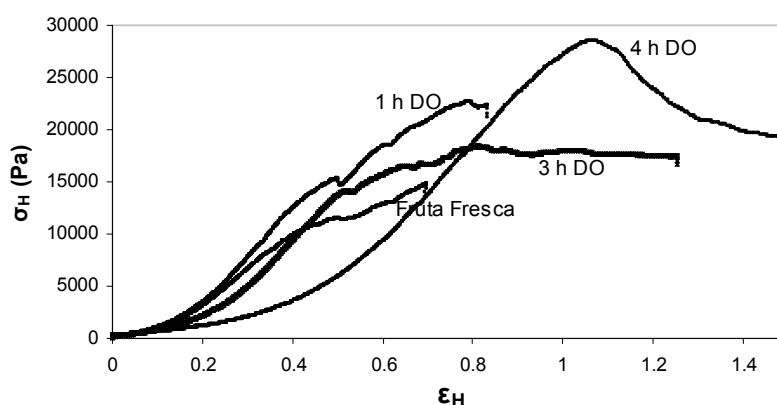


Figura 2. Curvas de compresión uniaxial de ananá con diferentes tiempos de deshidratación osmótica y posterior proceso de congelación-descongelación.

Estas diferencias se evidencian en la **Figura 3** donde se muestran los valores de σ_{HF} de muestras de ananá con distintos tiempos de deshidratación y los valores obtenidos para las correspondientes muestras luego del proceso de congelación-descongelación. Cada punto es el promedio de cinco medidas diferentes. Como se observó anteriormente, σ_{HF} aumenta con el tiempo de deshidratación lo cual manifiesta un aumento en la dureza de la fruta, pero este efecto se pierde luego de la congelación ya que los valores de tensión a la fractura de las muestras deshidratadas disminuyen drásticamente luego del proceso de congelación-descongelación. Las muestras con mayor grado de deshidratación son las que exhiben la mayor variación de σ_{HF} por efecto de la congelación. Este comportamiento es similar al registrado por Maestrelli et al. (2001) al aplicar DO como pretratamiento en la congelación de melón. Torreggiani et al. (1999) encontraron que si bien el proceso de congelación-descongelación provoca una disminución en la firmeza de frutillas, esta propiedad mecánica no difiere entre las muestras con 0, 2 y 4 horas de inmersión en solución de glucosa después del proceso de congelación-descongelación. Marani et al. (2007) mostraron que diferentes frutas presentan distinto comportamiento mecánico durante la deshidratación osmótica y que dicho comportamiento varía, además, con el tipo de azúcar utilizado en el proceso.

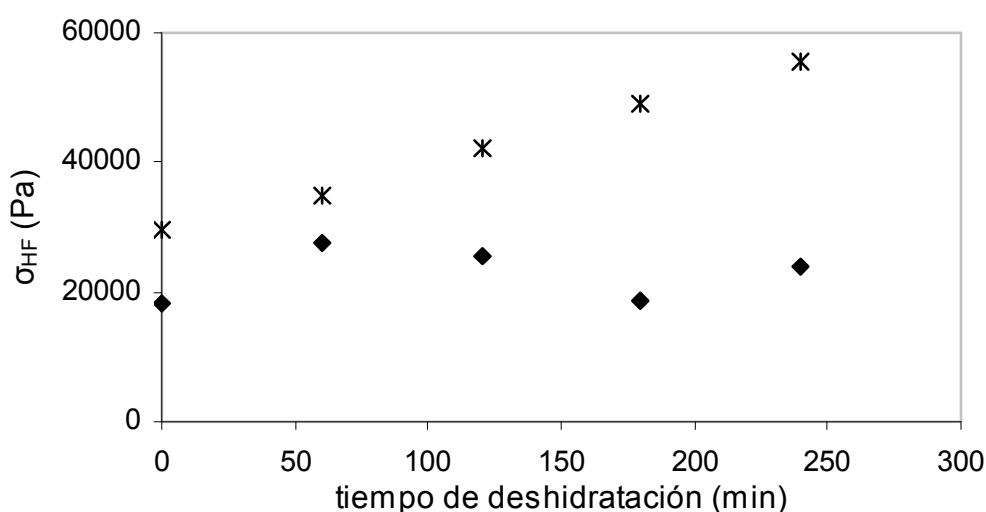


Figura 3. Valores de tensión a la fractura durante el proceso de deshidratación osmótica de ananá (*) y luego de un proceso de dehidrocongelado (♦).

La **Figura 4** muestra la variación de la deformación a la fractura durante la deshidratación osmótica de ananá y los valores obtenidos para las correspondientes muestras después del proceso de congelación-descongelación. La deformación a la fractura se incrementa con el tiempo de deshidratación; la congelación-descongelación provoca un aumento en los valores de este parámetro acentuándose este efecto en las muestras con mayor humedad. Estos resultados señalan que el proceso de congelación-descongelación genera pérdida de firmeza en el tejido vegetal, principalmente en las muestras de ananá sin deshidratar o mínimamente deshidratadas. Este resultado puede ser atribuido al daño celular generado por la formación de cristales de hielo. Talens et al. (2002b) registraron un comportamiento similar en kiwi, donde los mayores cambios de ϵ_H por efecto de la congelación se producen en la fruta sin deshidratar. Se podría suponer que en las muestras con mayor tiempo de DO (menor contenido de agua,) el efecto de daño de la estructura por efecto de la formación de hielo es mucho menos marcado al formarse menos cristales de hielo por causa de ese menor contenido de agua.

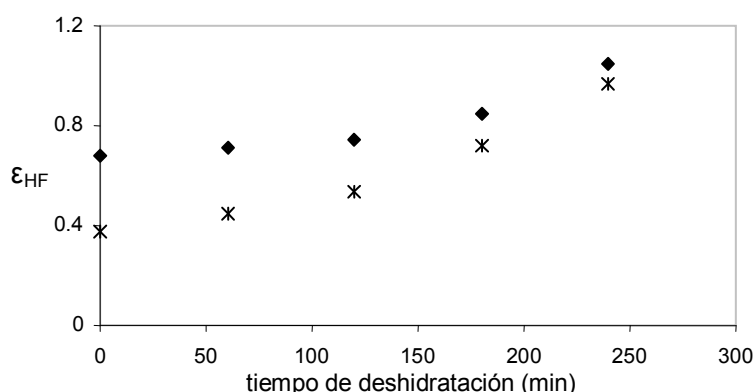


Figura 4. Valores de deformación a la fractura durante el proceso de deshidratación osmótica de ananá (*) y luego de un proceso de dehidrocongelado (♦).

Por otra parte, la deshidratación osmótica provoca disminución en el módulo de compresión del ananá. De los resultados mostrados en la **Figura 5** se puede resaltar que los cambios más importantes de este parámetro ocurren durante la primera hora de DO y que el proceso de congelación-descongelación no afecta a los mismos.

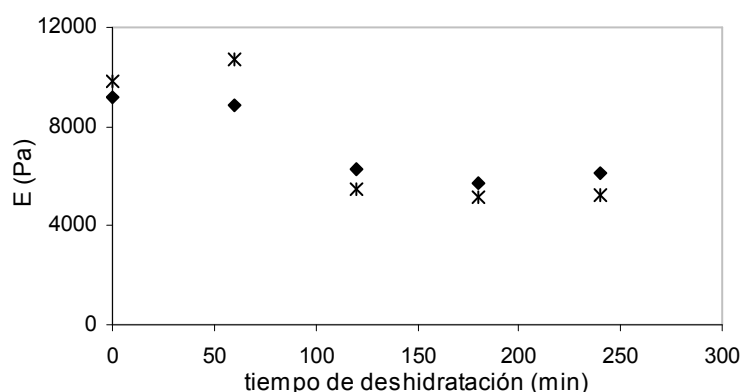


Figura 5. Variación del módulo de compresión en muestras de ananá con diferentes tiempos de deshidratación osmótica (*) y luego del proceso de congelación-descongelación de las muestras parcialmente deshidratadas (♦).

Pérdidas de agua por exudado

Todas las muestras pierden líquido durante el proceso de descongelación. Se observó un aumento en la cantidad de exudado en las medias rodajas de ananá con una hora de deshidratación osmótica respecto de las muestras que no estuvieron en contacto con la solución hipertónica (**Figura 6**). Este resultado parece contradecir las expectativas del efecto crioprotector del azúcar (Nunes et al. 1996; Talens et al. 2002b), pero dicho comportamiento podría explicarse en base al perfil de soluto y de humedad generado durante el proceso osmótico. Durante el período de descongelación, la elevada concentración de azúcar en la superficie de la muestra puede provocar la migración de agua desde el interior, donde la concentración de soluto ha permanecido prácticamente constante (Ramallo y Mascheroni, 2005). Similar comportamiento fue reportado por Marani et al. (2007) durante la descongelación de frutillas previamente sometidas a deshidratación osmótica; Akbaba y Icier (1998) encontraron que la cantidad de exudado de frutillas envasadas cubiertas con azúcar cristalino fue mayor que en frutillas frescas. Con el aumento del tiempo de inmersión en solución de sacarosa disminuyen las pérdidas por exudado, aunque se requieren períodos de deshidratación osmótica mayores que 240 minutos para obtener resultados positivos del efecto crioprotector del azúcar impregnado en la matriz vegetal. A este tiempo la concentración de sacarosa aumentó aproximadamente tres veces su valor inicial.

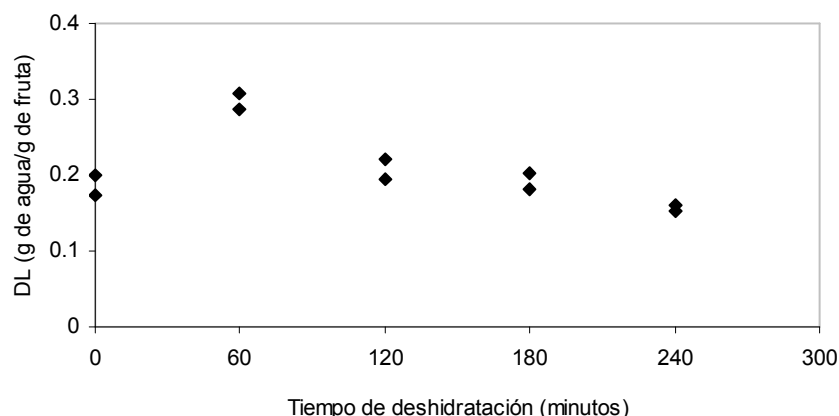


Figura 6. Exudado producido durante la descongelación de medias rodajas de ananá previamente sometidas a distintos tiempos de deshidratación en solución de sacarosa.

Pérdidas de vitaminas

Efecto de la deshidratación osmótica-congelación-descongelación

El incremento de la temperatura favorece la velocidad del proceso de deshidratación, pero simultáneamente se incrementa la velocidad de desaparición del AA. El tiempo requerido para que el contenido de agua descienda al 50% y al 30% del valor inicial y la respectiva retención de ácido ascórbico, a cada temperatura, se muestran en la **Tabla 1**. Cada valor es el resultado de la media de tres ensayos y se presentan junto al desvío estándar respectivo.

Tabla 1. Retención de ácido ascórbico (AA) en medias rodajas de ananá durante el proceso de deshidratación osmótica con solución de sacarosa de 60 °Brix.

Temperatura (°C)	50 % de la humedad inicial		30 % de la humedad inicial	
	Tiempo (min) ± ds	% de retención de AA ± ds	Tiempo (min) ± ds	% de retención de AA ± ds
40	40 ± 8	96 ± 2	110 ± 10	86 ± 2
45	35 ± 6	94 ± 5	100 ± 8	80 ± 3

Para evaluar el efecto de la congelación sobre la retención de ácido ascórbico se escogieron condiciones más desfavorables: la fracción de fruta destinada a este proceso se congeló en freezer del tipo domiciliario por doce horas y se cuantificó el contenido de vitamina C por HPLC luego de 2 h de descongelación. Los valores de contenido de ácido ascórbico se representan relativos al contenido del mismo en la fruta fresca, sin congelar y congelada respectivamente, C/C_0 . Las concentraciones se midieron en mg de vitamina por 100 gramos de fruta fresca.

No se registraron diferencias entre los valores de contenido de ácido ascórbico en las muestras deshidratadas y en las muestras deshidratadas-congeladas-descongeladas (**Figura 7**), excepto en los primeros tiempos de deshidratación, donde las pérdidas por exudado son más importantes como se mostró anteriormente. Por otra parte, las muestras de ananá fresco presentaron una cantidad notable de exudado luego del proceso de congelación-descongelación, aunque no fue cuantificado en estos ensayos específicos de congelación lenta. Se valoró el contenido de ácido ascórbico en el exudado y

los valores hallados indicaron que mientras que en la fruta congelada-descongelada la concentración fue de $C_{AA} = 14,4 \pm 1,03$ mg/100 g de fruta, en el exudado fue de $C_{AA} = 18,37 \pm 1,32$ mg/100 mL.

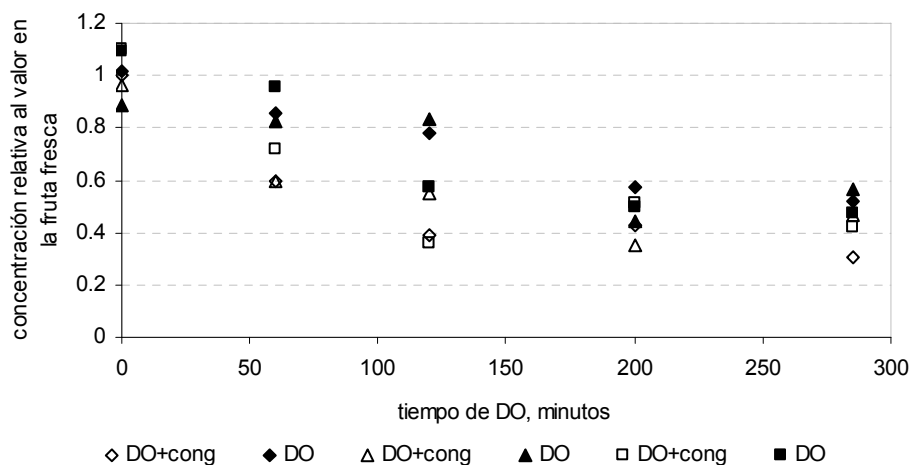


Figura 7. Variación del contenido de ácido ascórbico en ananá durante la deshidratación osmótica a 45°C - 60°Brix antes del congelado (símbolos llenos) y después del congelado (símbolos huecos).

A través de la comparación de los resultados se puede demostrar que durante la primera hora de procesamiento a 45 °C se extrajo aproximadamente el 62% del agua contenida en la fruta, en tanto que la pérdida de ácido ascórbico fue de aproximadamente el 20%.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos se puede concluir que una etapa de pre-tratamiento de deshidratación osmótica tiene el beneficioso efecto de disminuir el tiempo necesario para la congelación de las muestras de ananá.

Aún cuando el proceso de deshidratación osmótica de ananá origina una estructura celular igual o más resistente que la fruta fresca, el posterior proceso de congelación-descongelación de las mismas causa pérdida de firmeza y una marcada disminución de la resistencia a la ruptura.

En la fruta fresca se observó disminución en el contenido ácido ascórbico después del proceso de congelación-descongelación.

En las muestras de ananá parcialmente deshidratado, donde la cantidad de exudado es muy importante, los valores de contenido de ácido ascórbico disminuyeron después del proceso de congelación-descongelación. En 120 minutos de deshidratación osmótica a 45 °C la humedad se reduce en un 70-75% y el contenido de ácido ascórbico en un 30% aproximadamente.

Los resultados obtenidos indican que el proceso de deshidratación osmótica previo a la congelación de ananá puede incrementar el volumen de exudado resultante. Así, las pérdidas por exudado fueron mayores en muestras de ananá con una hora de deshidratación osmótica respecto de aquellas que no estuvieron en contacto con la solución hipertónica; seguidamente estos valores disminuyen en relación al incremento del grado de deshidratación de la matriz vegetal.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Akbaba H, Icier F. 1998. Effect of sugar treatments on freezing of strawberries. Proceedings of Advances in the Refrigeration Systems, Food Technologies and Cold Chain Commissions B2, C2 & D1-3. Sofia, Bulgarie. International Institute of Refrigeration, 6: 570-577

Biswal R, Bozorgmehr K, Tompkins F, Liu X. 1991. Osmotic concentration of green beans prior to freezing. Journal of Food Science, 56(4): 1008-1012.

- Chiralt A, Martínez-Navarrete N, Martínez-Monzó J, Talens P, Moraga G, Ayala A, Fito P. 2001. Changes in mechanical properties throughout osmotic processes: Cryoprotectant effect. *Journal of Food Engineering*, 49(2-3): 129-135
- Dermesonlouoglou E, Giannakourou M, Taoukis P. 2007. Stability of dehydrofrozen tomatoes pretreated with alternative osmotic solutes. *Journal of Food Engineering*, 78: 272–280.
- Forni E, Sormani A, Scalise S, Torreggiani D. 1997. The influence of sugar composition on the colour stability of osmodehydrofrozen intermediate moisture apricots. *Food Research International*, 30: 87-94.
- Forni E, Torreggiani D, Crivelli G, Maestrelli A, Bertolo G Santelli F. 1990. Influence of osmosis time on the quality of dehydrofrozen kiwi fruit. *Acta Horticulture*, 282: 425–434.
- Maestrelli A, Lo Scalzo R, Lupi D, Bertolo G, Torreggiani D. 2001. Partial removal of water before freezing: cultivars and pre-treatments as quality factors of frozen muskmelon (*Cucumis melo*, cv *reticulatus* Naud.). *Journal of Food Engineering*, 49: 255–260.
- Mao R, Tang J, Swanson BG. 2000. Texture properties of high and low acyl mixed gellan gels. *Carbohydrate Polymers*, 41: 331-338.
- Marani C, Agnelli M, Mascheroni R. 2007. Osmo-frozen fruits: mass transfer and quality evaluation. *Journal of Food Engineering*, 79: 1122–1130.
- Miller E, Hall G. 1953. Distribution of Total Soluble Solids, Ascorbic Acid, Total Acid, and Bromelin Activity in The Fruit of the Natal Pineapple (*Ananas Comosus L. merr*). *Plant Physiol.*, 28(3): 532–534.
- Nunes MH, Miguel MH, Kieckbusch TG. 1996. Influencia dos solutos na conservacao de fatias de manga no processo combinado desidratacao osmotica e congelamento. *Anais do VI Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciências Térmicas (VI ENCIT) e VI Congresso Latinoamericano de Transferencia de Calor y Materia (LATCYM 96)*, Florianópolis-SC, Brasil, vol. I: 647-650.
- Ramallo LA, Mascheroni RH. 2005. Rate of water loss and sugar uptake during the osmotic dehydration of pineapple. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 48(5): 761-770.
- Renkema J, Knabben J, Van Vliet T. 2001. Gel formation by β -conglycinin and glycinin and their mixtures. *Foods Hydrocolloids*, 15 (4-6): 407-414.
- Ribeiro KO, Rodrigues MI, Sabadini E, Cunha RL. 2003. Mechanical properties of acid sodium caseinate-k-carrageenan gels: effect of co-solute addition. *Food Hydrocolloids*, 18: 71–79.
- Robbers M, Singh RP, Cunha LM. 1997. Osmotic-convective dehydrofreezing process for drying kiwifruit. *Journal of Food Engineering*, 62(5):1039-1047.
- Rodrigues A, Cunha R, Hubinger M. 2003. Rheological properties and colour evaluation of papaya during osmotic dehydration processing. *Journal of Food Engineering*, 59: 129–135.
- Talens P, Escriche I, Martinez-Navarrete N, Chiralt A. 2002a. Study of the influence of osmotic dehydration and freezing on the volatile profile of strawberries. *Journal of Foods Science*, 67: 1648-1653.
- Talens P, Martínez-Navarrete N, Fito P, Chiralt A. 2002b. Changes in optical and mechanical properties during osmodehydrofreezing of kiwi fruit. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 3:191-199.

Torreggiani D, Rondo Broveto B, Maestrelli A, Bertolo G. 1999. High quality strawberry ingredients by partial dehydration before freezing. Proceedings of 20th International Congress of Refrigeration, Vol. IV, paper 405.

Torres J, Talens P, Escriche I, Chiralt A. 2006. Influence of process conditions on mechanical properties of osmotically dehydrated mango. *Journal of Food Engineering*, 74: 240–246.

Tregunno N, Goff H. 1996. Osmodehydrofreezing of apples: structural and textural effects. *Food Research International*, 29: 471-479.